

Perencanaan ulang struktur gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan berbasis *Building Information Modelling* (BIM) 5D

Elsi Mayastri Sinaga^{a*}, Februardo Wijaya Laksamana Ariea Haryono^a, Bambang Setiabudia^a, Tri Susanto^a

^{a*},^a*Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia*

ARTICLE INFO

Corresponding author:

Email:

elsimayastri616@gmail.com

Article history:

Received : 16 June 2025

Revised : 24 September 2025

Accepted : 25 September 2025

Publish : 30 September 2025

Keywords:

BIM, Etabs, Navisworks, Revit, Structure

ABSTRACT

Building construction planning and design by implementing Building Information Modeling (BIM) is a new method in the industrial era 4.0 that can help accelerate and simplify the planning process of a construction project. This is needed because there are often weaknesses in the planning and implementation of construction projects that cause failure in them, plus the increase in infrastructure development in Indonesia which is also supported by the development of the 4.0 era. Therefore, this Final Project report is intended to re-plan the structure of the RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan Building by implementing Etabs structural analysis software and BIM software integrated with Revit and Navisworks. This re-planning is based on several rules, namely SNI 2847-2019 regarding structural concrete requirements, SNI 1727-2020 regarding minimum load reviews, and SNI 1726-2019 regarding earthquake strength in buildings and non-buildings, which will then be analyzed using Etabs against these requirements, then a 3-dimensional model of the BIM-based building is created through Revit, and the use of Navisworks to plan project scheduling. It is hoped that through this Final Assignment, it can be proven that project planning will be more efficient and easier with BIM integration along with the development of infrastructure in Indonesia and can minimize weaknesses and failures during its implementation.

Copyright © 2025 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan sangat dibutuhkan untuk membangkitkan perekonomian Indonesia guna bersaing dengan negara-negara lain. Bidang konstruksi adalah bidang yang berkaitan dengan ekonomi, meliputi unsur perencanaan, pelaksanaan, pemeliharaan, dan operasional yang menghasilkan sebuah bentuk konstruksi melalui perubahan dari berbagai input material (Lesar et al., 2022). Salah satu tolak ukur yang digunakan guna tahu letak perkembangan tingkat ekonomi suatu negara pada waktu tertentu dapat dilihat di indikator Produk Domestik Bruto (PDB). Menurut data yang dihimpun dari badan PUPR, pengaruh sektor konstruksi sendiri lumayan berdampak pada pengaturan Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia, yaitu pada satu dekade belakangan ini di mana rata-rata pengaruhnya hingga sebesar 10,53%, selain itu di tiga bulan pertama tahun 2022 pengaruhnya hingga 10,42% pada PDB Nasional (PUPR, 2022).

Berkaitan dengan itu, pelaku industri jasa konstruksi dalam hal ini perencana dan kontraktor proyek konstruksi, dituntut untuk siap bersaing dalam mewujudkan suatu proyek konstruksi yang lebih baik dan lebih optimal. Hal ini menjadikan metode konvensional dinilai kurang efisien serta kurang akurat untuk diterapkan dalam proses pembangunan konstruksi. BIM merupakan cara pembaharuan pada dunia konstruksi yang dapat membantu menunjang proses kegiatan pada tiap pekerjaan di proyek konstruksi (Wibowo et al., 2020). Penerapan BIM dalam industri konstruksi dinilai lebih efisien dibandingkan pengerjaan proyek yang dilakukan secara konvensional (Ramadhani

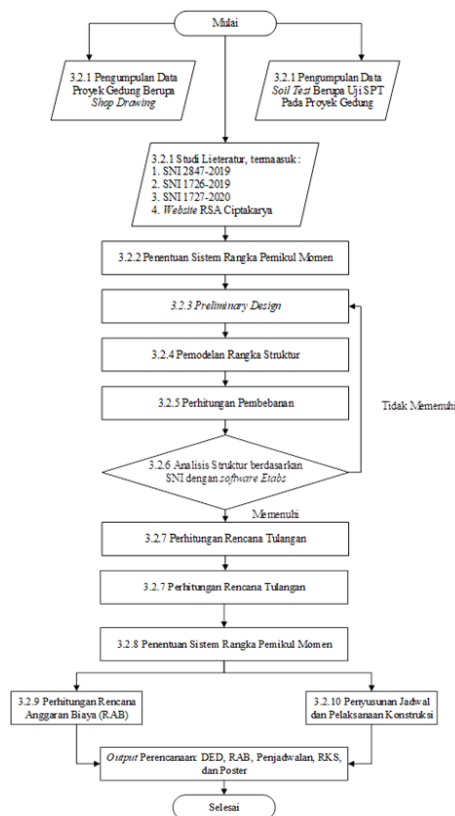
et al., 2022).

Pada penelitian ini akan dijelaskan mengenai perencanaan ulang Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan ini akan diterapkan metode *Building Information Modelling* (BIM) dengan beberapa perangkat lunak yang terintegrasi. Kemudian, dilakukan *redesign* dengan mengubah dimensi struktur dari bangunan aslinya yang disesuaikan dengan syarat perencanaan struktural berdasarkan SNI terkait Untuk analisis struktur pemodelan dilakukan dengan *software Etabs* yang juga mengacu pada SNI terkait, kemudian pemodelan 3D dan perhitungan volume dengan menggunakan *Revit* dan penjadwalan proyek menggunakan *Navisworks*.

Revit dan *Naviswork* memiliki fitur dan keunggulan masing-masing. *Revit* dalam hal ini, sangat membantu dalam perencanaan gambar DED karena *software*-nya yang memungkinkan pengguna dapat membuat ataupun merevisi gambar rencana melalui visualisasi 3D (3 dimensi). Begitu juga dengan *Naviswork*, *software* ini mampu membuat visualisasi 4D (4 dimensi) terhadap model 3D dan penjadwalan yang direncanakan. Dengan adanya penggunaan *software Revit* dan *Naviswork* dapat dimungkinkan penurunan tingkat kesalahan dari model bangunan yang dibuat sehingga efektivitas dalam pembuatan gambar DED dapat ditingkatkan (Ramadhani et al., 2022).

2. Data dan metode

Gedung pada perencanaan ulang ini merupakan sebuah gedung rumah sakit dengan jumlah lantai yang direncanakan adalah 6 lantai, dengan tinggi keseluruhan 29 m. Pada perencanaan ulang ini digunakan jenis struktur Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus yang perencanaannya sudah berdasarkan acuan SNI 1726-2019. Selain itu digunakan pula pedoman yang lain, yaitu SNI 1727-2020, SNI 2847-2019, ACI-318M-19. Alur perencanaan ini dimulai dengan tahap perencanaan ulang dimensi penampang, yang kemudian dilakukan analisis terhadap struktur yang sudah direncanakan, baik pembebanannya maupun dimensinya. Selanjutnya dilakukan perhitungan tulangan struktur atas dan bawah. Kemudian dilakukan pemodelan 3D menggunakan *software Revit*, dan selanjutnya akan didapatkan *Quantity Take Off* yang digunakan untuk menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan penjadwalan menggunakan *Microsoft Project*. Terakhir model 3D dan penjadwalan tersebut akan diintegrasikan menggunakan BIM yaitu melalui *software Naviswork*. Adapun diagram alir perencanaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Perencanaan

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan menentukan dimensi elemen struktural khususnya dalam hal ini pada bangunan gedung seperti struktur balok, struktur kolom, struktur pelat lantai, dan lain sebagainya. Preliminary design ini tentunya dilakukan berdasarkan Peraturan SNI-2847-2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Selain itu, *preliminary design* pada perencanaan ulang ini dihitung berdasarkan data-data yang dapat dilihat pada gambar DED asli proyek seperti jarak as ke as untuk balok, tinggi as ke as untuk kolom, serta nilai perbandingan antara L_y/L_x untuk pelat lantai, dan lain sebagainya.

a) Perencanaan Dimensi Balok

Preliminary design pada balok dilakukan bertujuan untuk menentukan dimensi balok yang efektif dan sesuai dengan peraturan persyaratan yang diatur SNI. Peraturan SNI-2847-2019 pada tabel 9.3.1.1 mengatur tentang tinggi minimum balok, sehingga dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi Minimum Balok Nonprategang

Kondisi Perlekatan	Minimum h
Perlekatan sederhana	$l/16$
Menerus satu sisi	$l/18,5$
Menerus dua sisi	$l/21$
Kantilever	$l/8$

Adapun formula yang digunakan dalam *preliminary design* balok pada perencanaan ulang struktur Gedung Rumah Sakit Islam PKU Muhammadiyah Pekalongan:

1. Tinggi balok induk, $h = L/12$
2. Tinggi balok anak, $h = L/16$
3. Lebar balok, $b = h/2$

Adapun pada Tabel 2 merupakan rekapitulasi *preliminary design* struktur balok.

Tabel 2. Rekapitulasi *Preliminary Design* Struktur Balok

No	L	h min	h pakai	b min	b pakai	Dimensi		Jenis
						h	b	
1	2750	229,17	500	250	300	500	300	B1
2	3000	250,00	500	250	300	500	300	B1
3	3500	291,67	500	250	300	500	300	B1
4	5500	458,33	600	300	300	600	300	B2
5	7000	583,33	700	350	400	700	400	B3
6	8000	666,67	800	400	400	800	400	B4
7	9000	750,00	800	400	400	800	400	B4
8	7000	583,33	600	300	400	600	400	S1
9	8000	666,67	600	300	400	600	400	S1
10	9000	750,00	600	300	400	600	400	S1

b) Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam teorinya, pelat dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan nilai perbandingan antara L_y (sisi panjang) dibagi dengan L_x (sisi pendek) dari dimensi pelat itu sendiri. Pelat satu arah apabila $L_y/L_x \geq 2,5$ sedangkan pelat dua arah apabila $L_y/L_x < 2,5$. Kasus pelat dengan perbandingan L_y/L_x terbesar dengan nilai L_x terbesar di antara kasus pelat yang lainnya adalah pada pelat berukuran 400 x 350 cm. Pelat ini terdapat pada 2 perletakan pada perencanaan ulang ini yaitu berada di tepi dan tengah struktur bangunan. Berikut rekapitulasi penggunaan pelat yang digunakan pada perencanaan ulang gedung yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi penggunaan tipe pelat lantai yang digunakan

No	Tipe Pelat	h min (mm)	h pakai (mm)	Cek ($t_{min} < t$)	Kode
1	Pelat Lantai	90	130	OK	S1
2	Pelat Atap	90	120	OK	S2

c) Perencanaan Dimensi Kolom

Preliminary design kolom dihitung berdasarkan akumulasi beban aksial menyesuaikan distribusi beban yang diterima oleh kolom yang ditinjau. Beban-beban tersebut dapat berasal dari beban mati dan beban hidup yang disesuaikan dengan perencanaan beban bangunan berdasarkan fungsi bangunan dan SNI pembebanan yang berlaku. Berikut dapat dilihat rekapitulasi dimensi kolom yang akan digunakan, ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi penggunaan tipe kolom yang digunakan

No	Tipe Pelat	Dimensi	Kode
1	Kolom Tengah Bangunan	70x70	K1
2	Kolom Tepi Bangunan	60x60	K2
3	Kolom Belakang Bangunan	50x50	K3
4	Kolom Lift	60x60	KL

3.2. Analisis Struktur

Tahapan analisis struktur berfungsi untuk mengecek apakah struktur yang dihitung pada tahapan *preliminary design* telah mampu menahan beban yang direncanakan sesuai dengan fungsi bangunan yang akan direncanakan. Analisis struktur pada perencanaan ulang ini menggunakan *software* penghitung struktur yaitu *software Etabs*. Pada analisis ini dilakukan pengecekan apakah struktur sudah aman penampangnya atau belum. Dengan melakukan analisis struktur juga dapat diperoleh nilai gaya-gaya dalam, seperti gaya aksial, gaya geser, dan gaya momen. Perhitungan dari gaya-gaya dalam ini nantinya diperlukan sebagai perbandingan nilai A_s minimum terhadap tulangan yang dibutuhkan. Oleh karena itu, tahapan analisis struktur ini sangat penting dilakukan pada saat perencanaan karena akan mempengaruhi desain dari struktur bangunan yang diinginkan.

3.3. Perhitungan Tulangan Struktur Atas

Setelah melakukan analisis struktur pada *software Etabs*, selanjutnya hasil-hasil gaya dalam yang diperoleh tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan tulangan struktur atas. Perhitungan tulangan struktur atas meliputi beberapa bagian, yaitu pada tulangan balok, tulangan pelat, dan tulangan kolom.

a) Perhitungan Tulangan Balok

Untuk mendapatkan kebutuhan tulangan utama pada balok, dilakukan dengan membandingkan hasil A_s perlu yang diperoleh berdasarkan *output Etabs* dengan A_s minimum berdasarkan SNI 2847-2019. Selanjutnya dilakukan pengecekan A_s pasang $\geq A_s$ minimum dan A_s perlu. Selanjutnya untuk mendapatkan kebutuhan tulangan sengkang, dilakukan perbandingan antara hasil A_v/S perlu dari *output Etabs* dengan A_v maksimum berdasarkan SNI 2847-2019. Terakhir, untuk tulangan badan pada balok, digunakan syarat pasang apabila daerah tanpa tulangan ≥ 300 mm. Dilakukan pengecekan dengan S pasang $< S$ perlu dan S maksimum. Berikut pada Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7, rekapitulasi perhitungan tulangan utama balok, tulangan sengkang balok, dan tulangan badan balok.

Tabel 5. Perhitungan Tulangan Utama Balok

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	A_s Perlu mm^2	A_s min 1	A_s min 2	$\emptyset$ mm	n	A_s Pasang mm^2	A_s Pasang $\geq A_s$ min	A_s Pasang $\geq A_s$ Perlu	Dipasang		
B1	300 x 500	Tumpuan	Atas	1350	429,38	439,00	22	4	1520,53	OK	OK	4	D	22
			Bawah	1100	429,38	439,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
		Lapangan	Atas	641	429,38	439,00	22	2	760,27	OK	OK	2	D	22
			Bawah	690	429,38	439,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
B2	300 x 600	Tumpuan	Atas	1552	527,18	539,00	22	5	1900,66	OK	OK	5	D	22
			Bawah	912	527,18	539,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
		Lapangan	Atas	607	527,18	539,00	22	2	760,27	OK	OK	2	D	22
			Bawah	915	527,18	539,00	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
B3	400 x 700	Tumpuan	Atas	2813	827,45	846,00	25	6	2945,24	OK	OK	6	D	25

Nama	Ukuran Balok (b x h)	Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min 1	As min 2	Ø mm	n	As Pasang mm ²	As Pasang ≥ As min	As Pasang ≥ As Perlu	Dipasang				
B4	400 x 800	Lapangan	Bawah	1583	827,45	846,00	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25		
			Atas	1005	827,45	846,00	25	3	1472,62	OK	OK	3	D	25		
			Bawah	1634	827,45	846,00	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25		
		Tumpuan	Atas	3030	957,86	979,33	25	7	3436,12	OK	OK	7	D	25		
			Lapangan	Bawah	1724	957,86	979,33	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25	
				Atas	1107	957,86	979,33	25	3	1472,62	OK	OK	3	D	25	
		Bawah		1645	957,86	979,33	25	4	1963,50	OK	OK	4	D	25		
		S1	400 x 600	Tumpuan	Atas	1181	702,91	718,67	22	4	1520,53	OK	OK	4	D	22
					Bawah	777	702,91	718,67	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22
Lapangan	Atas			735	702,91	718,67	22	2	760,27	OK	OK	2	D	22		
	Bawah			792	702,91	718,67	22	3	1140,40	OK	OK	3	D	22		

Type Balok	TB1			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	4 D22	2 D22	4 D22	
Tul. Bawah	3 D22	3 D22	3 D22	
Tul. Senggang	2 D10-100	2 D10-150	2 D10-100	
Tul. Badan	4 D16	4 D16	4 D16	

Type Balok	B1			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	4 D22	2 D22	4 D22	
Tul. Bawah	3 D22	3 D22	3 D22	
Tul. Senggang	3 D10-100	2 D10-150	3 D10-100	
Tul. Badan	2 D16	2 D16	2 D16	

Type Balok	B2			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	5 D22	2 D22	5 D22	
Tul. Bawah	3 D22	3 D22	3 D22	
Tul. Senggang	3 D10-100	2 D10-150	3 D10-100	
Tul. Badan	2 D16	2 D16	2 D16	

Type Balok	B3			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	6 D25	3 D25	6 D25	
Tul. Bawah	4 D25	4 D25	4 D25	
Tul. Senggang	3 D13-100	3 D13-150	3 D13-100	
Tul. Badan	4 D16	4 D16	4 D16	

Type Balok	B4			Lantai
Dimensi (mm)	400x600			
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	
				Lantai Tipikal
Tul. Atas	7 D25	3 D25	7 D25	
Tul. Bawah	4 D25	4 D25	4 D25	
Tul. Senggang	3 D13-100	3 D13-150	3 D13-100	
Tul. Badan	4 D16	4 D16	4 D16	

Gambar 2. Detail Tulangan Balok

b) Perhitungan Tulangan Pelat

Tulangan pelat dihitung pada arah x dan arah y. Perhitungan ini berdasarkan *output* Mu yang diperoleh dari *Etabs*, kemudian selanjutnya dilakukan perhitungan sistematis untuk memperoleh hasil As perlu dan As pasang, yang dimana As pasang > As perlu. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan pelat yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Tulangan Pelat

Tebal Pelat (mm)	Nama Tulangan	Daerah	Mu kNm	Ø mm	Jarak mm	Luas mm ²	Mutu Beton fc'	Mutu Baja fy	Tebal Efektif Pelat (d)	Ø Mn kNm	a mm	Cek Kapasitas	Di Pasang
130	Tulangan Arah X	Tumpuan	9,61	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	3,53	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	7,93	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	4,04	10	150	523,60	30	420	105	19,93	8,62	OK	D 10 - 150
120	Tulangan Arah X	Tumpuan	5,11	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	1,82	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150
	Tulangan Arah Y	Tumpuan	4,76	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150
		Lapangan	2,31	10	150	523,60	30	420	95	17,95	8,62	OK	D 10 - 150

c) Perhitungan Tulangan Kolom

Tulangan utama kolom diperoleh berdasarkan hasil As perlu dari *Etabs*. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap As pasang berdasarkan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan.

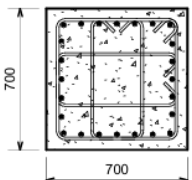
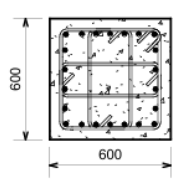
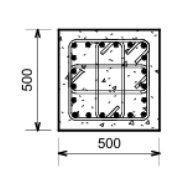
As pasang > As perlu. Selanjutnya pada perhitungan tulangan sengkang kolom, digunakan pula *output* Av perlu dari *Etabs*. Kemudian hitung S maksimum berdasarkan SNI 2847-2019. Selanjutnya hitung S pakai yang akan digunakan. S pakai < S perlu dan S maksimum. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan utama kolom yang ditunjukkan pada Tabel 9, dan perhitungan tulangan sengkang yang ditunjukkan pada Tabel 10.

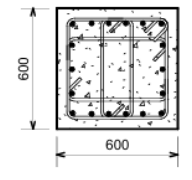
Tabel 9. Perhitungan Tulangan Utama Kolom

Nama	Dimensi Kolom (b x h)		Kuat Tekan Beton, f_c' (MPa)	Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y (MPa)	As perlu mm^2	$\emptyset$ mm	Luas mm^2	Jumlah	As Terpasang mm^2	Syarat As Pasang $\geq$ As perlu	Dipasang		Cek Rasio Tulangan	
													Cek ρ min & ρ max	
K1	700	x	700	30	420	10873	25	490,8739	24	11780,97	OK	24	D 25	2,40% OK
K2	600	x	600	30	420	9725	25	490,8739	22	10799,22	OK	22	D 25	3,00% OK
K3	500	x	500	30	420	8995	25	490,8739	20	9817,48	OK	20	D 25	3,93% OK
KL	600	x	600	30	420	7247	25	490,8739	18	8835,73	OK	18	D 25	2,45% OK

Tabel 10. Perhitungan Tulangan Sengkang Kolom

										Tinggi efektif kolom d = b - ts - tul.geser - 1/2 tul utama	Spasi Max 1 mm	Spasi Max 2 (d/2) mm	S pakai mm	Dipasang				
Nama	Ukuran Kolom			Av perlu mm²	Av min	Ø mm	n Kaki	Luas mm²	S perlu mm									
K1	700	x	700	1,81	0,583	13	4	530,93	293,33	624,5	150	312,25	100	4	D	13	-	100
K2	600	x	600	3,29	0,500	13	4	530,93	161,38	524,5	150	262,25	100	4	D	13	-	100
K3	500	x	500	3,79	0,417	13	4	530,93	140,09	424,5	150	212,25	100	4	D	13	-	100
KL	600	x	600	2,70	0,500	13	4	530,93	196,64	524,5	150	262,25	100	4	D	13	-	100

Keterangan	Notasi	Keterangan	Notasi	Keterangan	Notasi
					
Tipe Kolom	K1	Tipe Kolom	K2	Tipe Kolom	K3
Dimensi	700x700	Dimensi	600x600	Dimensi	500x500
Tulangan Utama	24 D 25	Tulangan Utama	22 D 25	Tulangan Utama	20 D 25
Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100	Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100	Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100
Mutu Beton	30 MPa	Mutu Beton	30 MPa	Mutu Beton	30 MPa

Keterangan	Notasi
	
Tipe Kolom	KL
Dimensi	600x600
Tulangan Utama	18 D 25
Tulangan Sengkang	4 D 10 - 100
Mutu Beton	30 MPa

Gambar 3. Detail Tulangan Kolom

d) Perhitungan Tulangan Tangga

Dalam perhitungan tulangan tangga, terdapat beberapa perhitungan, yakni penulangan pada pelat tangga bawah, pelat tangga atas, dan pada balok bordes tangga. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan tangga pada pelat dan pada balok bordes, yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi Tulangan Tangga

Lantai	Plat Tangga Bawah	Tulangan	Plat Tangga Atas	Tulangan	Balok Bordes	Tulangan
Lantai 1	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	4 D 22
	Tul. Bagi	10 - 150	Tul. Bagi	10 - 150	Tumpuan	D 10 - 100
					Lapangan	D 10 - 150
Lantai 2 s.d. Lantai 6	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	10 - 100	Tul. Pokok	4 D 22
	Tul. Bagi	10 - 150	Tul. Bagi	10 - 150	Tumpuan	D 10 - 100
					Lapangan	D 10 - 150

3.4. Perhitungan Struktur Bawah

Pada perencanaan struktur bawah dibagi dalam dua bagian, yaitu perencanaan *borpile* dan perencanaan pada *pile cap*. Perhitungan dimensi penampang didasarkan pada hasil atau data tanah yaitu SPT. Berikut diuraikan perhitungan secara sistematis.

a) Perencanaan *Bor pile*

Data pengujian tanah yang telah diperoleh guna dijadikan sebagai landasan untuk merencanakan ukuran baik diameter maupun kedalaman tiang untuk pondasi ini yaitu berdasarkan pengujian SPT (*Standard Penetration Test*). Dalam menentukan kebutuhan diameter dan panjang tiang yang direncanakan untuk struktur pondasi tiang (pondasi *borepile*) pada struktur bawah perencanaan struktur bangunan ini menggunakan metode *Meyerhoff*. Dilakukan perhitungan secara sistematis yang kemudian akan diperoleh nilai Daya Dukung Tiang yang digunakan untuk merencanakan jumlah tiang yang dibutuhkan tiap titik kolom. Kemudian dilakukan perhitungan efisiensi kelompok tiang pada *pile cap* yang digunakan. Berikut rekapitulasi kebutuhan tiang dan diameter tiang yang digunakan para perencanaan ini, yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Perhitungan Persentase Efisiensi Kelompok Tiang dan Q Izinnya

Titik Pondasi		Tekanan (kN)	Diameter Pondasi (cm)	Q netto per tiang	Jumlah Pile Hitungan	Jumlah Pile Digunakan	Jumlah Pile Per Baris X	Jumlah Pile Per Baris Y	Eff (%)	Q Izin Pile (Kn)	Ket.	Tipe
X	Y			(kN)								
A	1	1531,7376	60	596,72	2,567	4	2	2	81,0%	1933	OK	PC1
A	2	1049,4485	60	596,72	1,759	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
A	3	921,6446	60	596,72	1,545	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
A	4	2052,2813	60	596,72	3,439	4	2	1	81,0%	2387	OK	PC1
A	5	2478,4219	60	596,72	4,153	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
A	6	2426,9106	60	596,72	4,067	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
A	7	1673,8746	60	596,72	2,805	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
A	8	1228,7574	60	596,72	2,059	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	2	1203,3728	60	596,72	2,017	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	3	1003,7497	60	596,72	1,682	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	4	1603,5293	60	596,72	2,687	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	7	1590,6179	60	596,72	2,666	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
B	8	948,8274	60	596,72	1,590	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
C	1	1704,8861	60	596,72	2,857	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
C	4	2532,9503	60	596,72	4,245	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
C	5	2864,3299	60	596,72	4,800	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
C	6	2838,9314	60	596,72	4,758	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
C	7	1789,8489	60	596,72	2,999	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
C	8	970,8148	60	596,72	1,627	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
D	1	2150,8014	60	596,72	3,604	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
D	4	3519,9789	60	596,72	5,899	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
D	5	2933,6046	60	596,72	4,916	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
D	6	3056,6366	60	596,72	5,122	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
D	7	2245,3515	60	596,72	3,763	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1

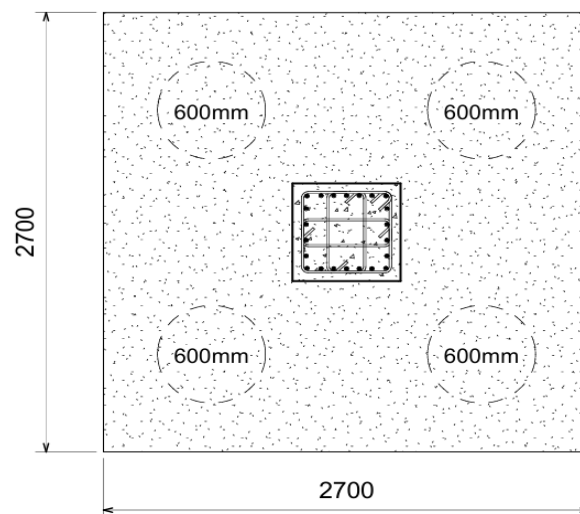
Titik Pondasi		Tekanan (kN)	Diameter Pondasi (cm)	Q netto per tiang (kN)	Jumlah Pile Hitungan	Jumlah Pile Digunakan	Jumlah Pile Per Baris X	Jumlah Pile Per Baris Y	Eff (%)	Q Izin Pile (Kn)	Ket.	Tipe
X	Y											
D	8	1151,5103	60	596,72	1,930	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
E	1	1726,2177	60	596,72	2,893	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
E	4	2758,4971	60	596,72	4,623	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
E	5	2425,9672	60	596,72	4,065	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
E	6	2474,1388	60	596,72	4,146	6	2	3	77,8%	3580	OK	PC2
E	7	1973,6464	60	596,72	3,307	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1
E	8	1372,2972	60	596,72	2,300	4	2	2	81,0%	2387	OK	PC1

3.1. Perencanaan *Pile Cap*

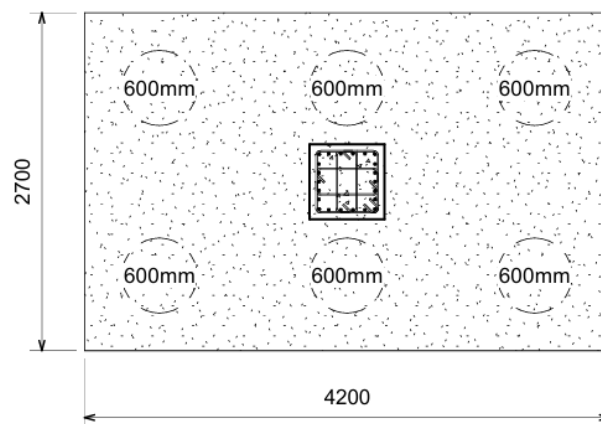
Pada perencanaan *pile cap* digunakan rumus *trial and error* yaitu syarat jarak tiang ke tepi 1D-2D, dan jarak antar tiang 2,5D-4D. Selanjutnya *pile cap* diuji terhadap gaya geser 1 arah dan gaya geser 2 arah. Berikut ini ditunjukkan rekapitulasi dimensi *pile cap* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 13. adapun detail tipe *pile cap* ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Tabel 13. Rekapitulasi *Pile Cap* yang digunakan

Tipe	Dimensi Pile Cap			Diameter Pondasi (cm)	Jumlah Pile Digunakan
	Panjang X (cm)	Panjang Y (cm)	Tebal (cm)		
PC1	270	270	70	60	4
PC2	270	420	70	60	6



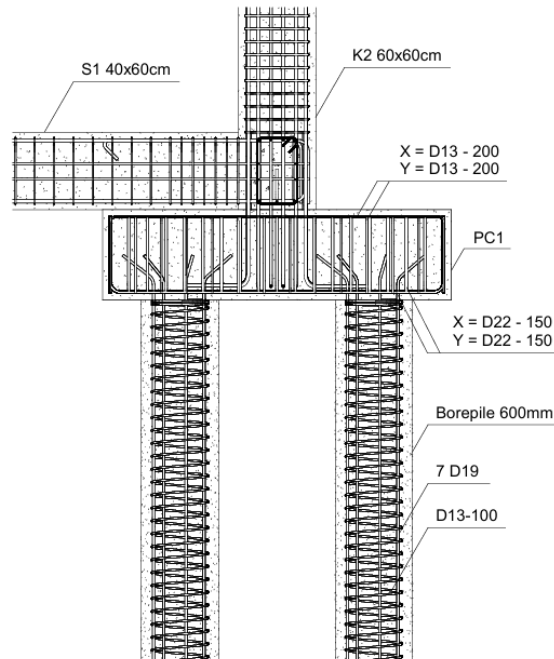
Gambar 4. Tipe *Pile Cap* 1



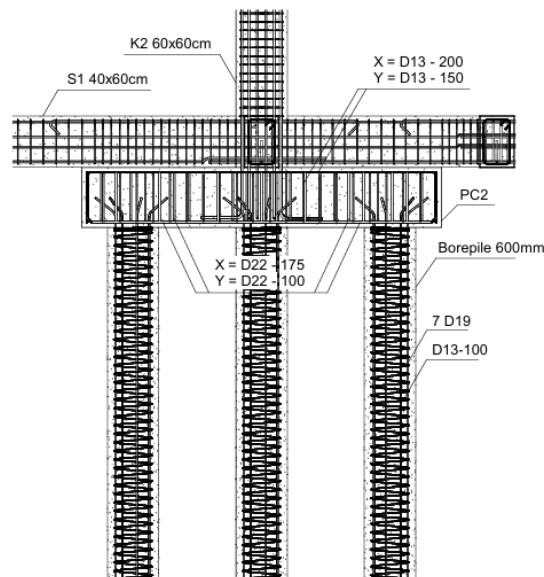
Gambar 5. Tipe *Pile Cap* 2

3.2. Perhitungan Tulangan Struktur *Borpile*

Pada perhitungan tulangan *borpile*, digunakan *Mu output Etabs*, dan direncanakan penulangan pada kedalaman 1-10 m dan 10-20 m. Selanjutnya dilakukan perhitungan secara sistematis untuk mendapatkan *As* perlu, selanjutnya menentukan diameter dan jumlah tulangan yang akan digunakan dan mendapatkan *As* pasang. *As* pasang > *As* perlu. Selanjutnya perhitungan tulangan spiral *borepile*, digunakan aturan berdasarkan ACI 318M-2019. Selanjutnya ditentukan zona *confinement* pada *borepile*, yang dikelompokkan berdasarkan kelas situs dan kategori risiko bangunan. Adapun penulangan pada pondasi ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Penulangan pada Fondasi PC 1



Gambar 7. Penulangan pada Fondasi PC 2

3.3. Perhitungan Tulangan Struktur *Pile Cap*

Tulangan *pile cap* dihitung pada arah x dan arah y. Perhitungan ini berdasarkan *output Mu* yang diperoleh dari *Etabs*, kemudian selanjutnya dilakukan perhitungan sistematis untuk memperoleh hasil *As* perlu dan *As*

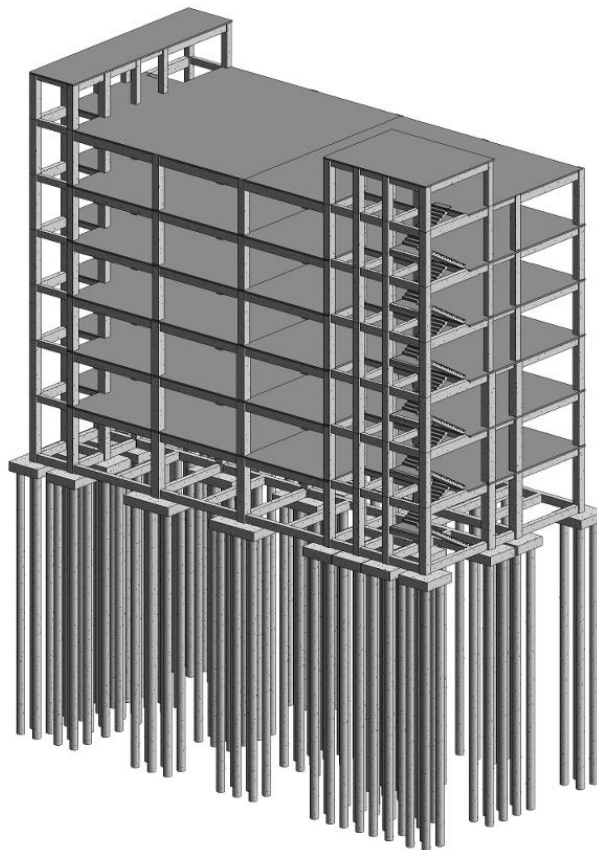
pasang, yang dimana $As_{pasang} > As_{perlu}$. Berikut ini rekapitulasi perhitungan tulangan *pile cap* yang ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Rekapitulasi Tulangan *Pile Cap*

Tipe	Arah Tulangan	Letak	Tulangan
PC1	X	Atas	D13-200
		Bawah	D22-150
	Y	Atas	D13-200
		Bawah	D22-150
PC2	X	Atas	D13-200
		Bawah	D22-175
	Y	Atas	D13-150
		Bawah	D22-100

3.4. Pemodelan 3D Revit Struktur Bangunan

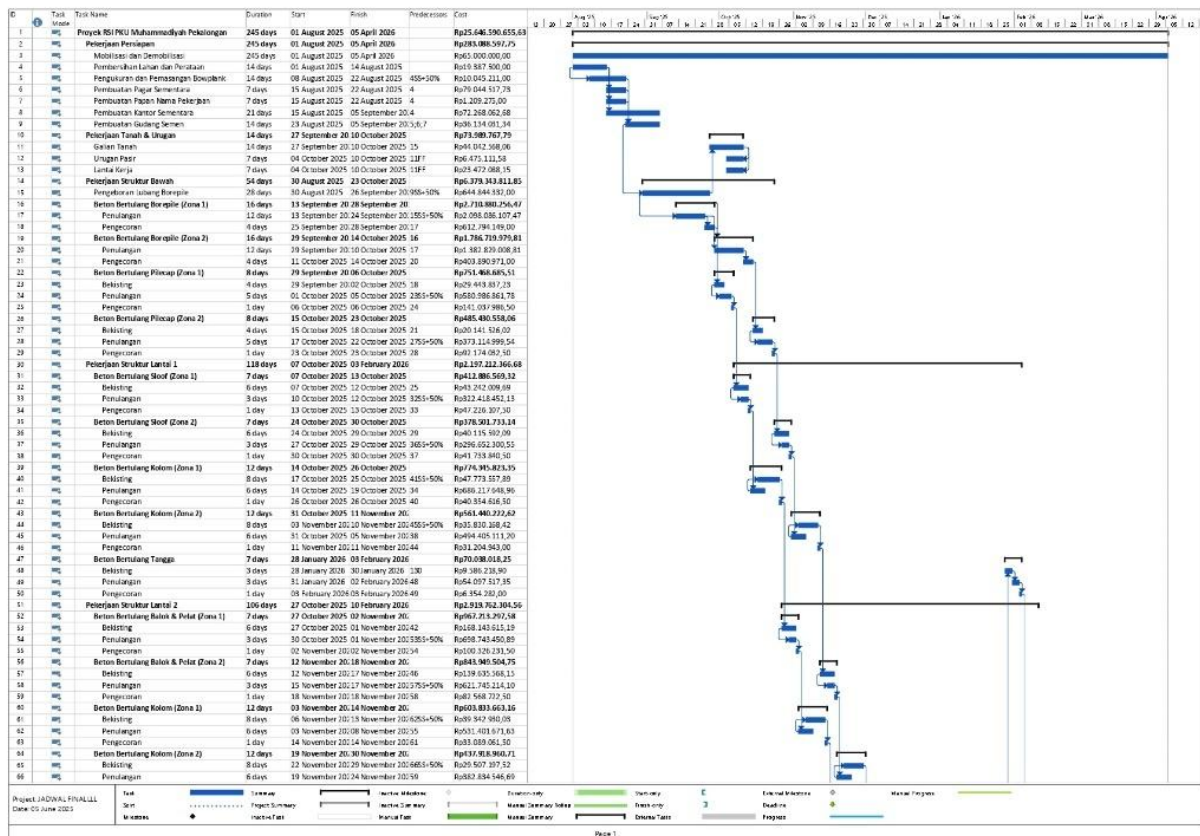
Pemodelan 3D struktur bangunan pada perencanaan ulang ini dilakukan menggunakan *software Revit* berdasarkan dimensi seluruh komponen struktur yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pemodelan 3D struktur bangunan ini yaitu penampang beton dan tulangan harus dimodelkan dengan cermat dan teliti sehingga nantinya tidak terdapat kesalahan pada pengeluaran *output volume*. Berikut ini model 3D struktur bangunan menggunakan *software Revit* yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan 3D Struktur Atas dan Struktur Bawah

3.5. Penyusunan Jadwal Rencana (*Time Schedule*)

Penjadwalan Perencanaan Ulang Struktur Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan Berbasis *Building Information Modelling (BIM)* 5D ini dijadwalkan memiliki durasi pengerjaan selama 35 minggu, dan dibagi dalam 2 zona pekerjaan. Berikut tampilan hasil perencanaan jadwal menggunakan *Microsoft Project* yang ditunjukkan pada Gambar 9.

Gambar 9. Perencanaan Penjadwalan Menggunakan *Microsoft Project*

3.6. Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan tahapan terakhir dari Perencanaan Ulang Struktur Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan Berbasis *Building Information Modelling (BIM) 5D* yang nantinya diperoleh melalui perhitungan volume yang telah didapatkan sebelumnya pada *Bill of Quantity* di Revit kemudian dikalikan dengan Harga Satuan Pekerjaan (HSP) sesuai AHSP yang berlaku pada kota terkait. Volume yang didapatkan di Revit harus diurutkan terlebih dahulu dan dilakukan penyortiran sesuai data yang parameter yang dibutuhkan. Berikut ditunjukkan pada Tabel 15 rekapitulasi RAB pada perencanaan ulang struktur gedung ini.

Tabel 15. Rekapitulasi Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

REKAPITULASI RENCANA ANGGARAN BIAYA		
NAMA PEKERJAAN : PEMBANGUNAN GEDUNG RSI PKU MUHAMMADIYAH		
LOKASI : KABUPATEN PEKALONGAN		
PEMILIK PROYEK : RSI PKU MUHAMMADIYAH		
TAHUN ANGGARAN : 2024		
NO.	Uraian Pekerjaan	Nilai Pekerjaan (Rp)
I	Pekerjaan Persiapan	283,088,598.31
II	Pekerjaan Tanah & Urugan	73,989,767.79
III	Pekerjaan Struktur Bawah	6,200,621,288.33
IV	Pekerjaan Struktur Lantai 1	2,197,212,366.68
V	Pekerjaan Struktur Lantai 2	2,919,782,304.56
VI	Pekerjaan Struktur Lantai 3	2,876,307,466.86
VII	Pekerjaan Struktur Lantai 4	2,809,713,606.34
VIII	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 5	2,810,484,839.79
IX	PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 6	2,810,686,111.81
X	Pekerjaan Struktur Lantai Atap	2,026,516,191.54

- b) Model 3D struktur bangunan yang dihasilkan memuat informasi lengkap mengenai identitas objek, serta dapat diekspor menjadi gambar kerja 2D (DED).
- c) Pembuatan jadwal rencana baru dari perencanaan ulang struktur bangunan ini diperoleh rencana durasi selama ± 35 minggu atau 245 hari.
- d) Total perhitungan RAB pekerjaan struktur yaitu sebesar Rp 25,467,928,132.59 dan ditambahkan dengan PPN 11% maka menjadi Rp 28,269,401,000.00.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kepada pihak proyek pembangunan Gedung RSI PKU Muhammadiyah Pekalongan yang telah memberikan sumber data yang dibutuhkan dan kepada seluruh pihak yang turut mendukung, memberikan masukan dan membantu selama penyusunan perencanaan ini.

Referensi

- Badan Standarisasi Nasional (2019), SNI-2847-2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (2019), SNI-1726-2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional (2020), SNI-1727-2020 *Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: BSN Badan Standarisasi Nasional
- Christiandava, A. R., Azzahra, A., Nurdiana, A., & Setiabudi, B. (2023). Jurnal Sipil dan Arsitektur Re-design struktur gedung head office awann group berdasarkan integrasi BIM autodesk melalui revit, naviswork, dan ETABS. *Jurnal Sipil Dan Arsitektur*, 1(1), 16–32. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
- Firdaus, M. A. R., Asalina, R. U., Nurdiana, A., & Setiabudi, B. (2023). *Jurnal Sipil dan Arsitektur Model 5D Gedung dekanat dan perkuliahan fakultas kesehatan masyarakat Universitas Diponegoro*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
- Laily, R., Sumajouw, M. D. J., & Wallah, S. E. (2019). PERENCANAAN GEDUNG TRAINING CENTER KONSTRUKSI BETON BERTULANG 4 LANTAI DI KOTA MANADO. *Jurnal Sipil Statik*, 7(8), 1095–1106.
- Lesar, V. V., Manopo, F. J., & Malingkas, G. Y. (2022). ANALISIS PROPORSI SUMBER DAYA PADA PROYEK IRIGASI DI KABUPATEN MINAHASA SELATAN. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 12(1), 11–20.
- Mardhani, R., Ratnaningsih, A., & Arifin, S. (2022). PERENCANAAN ULANG ANGGARAN BIAYA DAN WAKTU PELAKSANAAN GEDUNG PERKULIAHAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE BIM. *REKAYASA SIPIL*, 16(2).
- Nugrahini, F., & Permana, T. (2020). Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang Dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya). *AGREGAT*, 5(2).
- PUPR. (2022). *Informasi Statistik Infrastruktur PUPR*. Kementerian PUPR Pusat Data dan Teknologi Informasi.
- Putera, I. G. A. A. (2022). MANFAAT BIM DALAM KONSTRUKSI GEDUNG: SUATU KAJIAN PUSTAKA I GUSTI AGUNG ADNYANA PUTERA. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 26(1), 43–52.
- Ramadhani, M. R., Wahiddin, & Arystianto, D. P. (2022). ANALISIS CLASH DETECTION DAN QUANTITY TAKE OFF BERBASIS BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) PADA PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS GEDUNG LABORATORIUM DAN BENGKEL TEKNIK ELEKTRONIKA. *Jurnal Online Skripsi*, 3(3), 284–291. <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- Ramdani, I., Rozandi, A., Budiman, D., & Vladimirovna, K. E. (2022). Implementasi Building Information Modeling (BIM) Pada Proyek Perumahan. *Polka Narodnogo Opolcheniya Sq*, 4(1), 1. <https://teslink.nusaputra.ac.id/index>
- Saputra, Husni, H. R., Bayzoni, & Siregar, A. M. (2022). Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada bangunan gedung menggunakan software Autodesk Revit (Studi Kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung). *JRSDD*, 10(1), 15–026.
- Wibowo, Purwanto, E., Ahmad, & Winarno, Y. (2020). PENGAPLIKASIAN BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM RANCANGAN PEMBANGUNAN GEDUNG INDUK UNIVERSITAS AISYIYAH KARTASURA. *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 8(4). <https://doi.org/10.20961/mateksi.v8i3>